



9.3

大体积混凝土施工

9.3.1大体积混凝土的定义



关于大体积混凝土的定义，目前国内外还没有一个统一的规定。在我国，大体积混凝土指混凝土实体物最小断面尺寸大于1 m以上的混凝土结构，或者体积较大的、可能由胶凝材料水化热引起的温度应力导致有害裂缝的混凝土结构。其尺寸已经大到必须采用相应的技术措施妥善处理温度差值，合理解决温度应力并控制裂缝开展的混凝土结构。



9.3.2大体积浇筑方案及计算



(1) 工程实例

工程背景见“项目导入”。本工程属于大体积混凝土，其最主要特点是以大区段为单位进行施工，施工体积厚大。由此带来的问题是，水泥的水化热引起温度升高，冷却时，产生裂缝。为了防止裂缝的发生，本工程施工时选择分段分层浇筑方案。

为保证混凝土在浇筑时不发生离析，便于浇筑振捣密实和保证施工的连续性，施工时，满足以下要求。

- ①混凝土自由下落高度超过2 m时，采用串筒、溜槽或振动管下落工艺，以保证混凝土拌和物不发生离析。
- ②采用分层浇筑方案，每层的厚度H按照表9.3规定选取30 cm厚，以保证能够振捣密实。

9.3.2大体积浇筑方案及计算



③分段分层浇筑时，在下层混凝土凝结前，保证将上层混凝土浇筑并振捣完毕。

④分段分层浇筑时，为了尽量使混凝土浇筑强度（ m^3/h ）保持一致，供料均衡，以保证施工的连续性，需要确定浇筑分段。确定浇筑分段前要先计算分段分层浇筑方案中的浇筑位置。

混凝土最大浇筑区面积为

$$F_{\max} = QTH$$

$$= 100 \times (3 - 0.5) \times 0.3 \text{ m}^2$$

$$= 833.33 \text{ m}^2 \quad (9.3)$$

本工程承台基础面积为

$$(100 \times 10) \text{ m}^2 = 1000 \text{ m}^2$$

9.3.2大体积浇筑方案及计算



因此确定浇筑承台分2段分层进行浇筑，分段位置为承台基础正中间，使浇筑面积均匀，施工方便。

说明：如要保证混凝土的整体性，则要保证使每一浇筑层在初凝前就被上一层混凝土覆盖并捣实成为整体。为此要求混凝土小于下述的浇灌量进行浇筑：

$$Q=FHT$$

式中Q——混凝土最小浇筑量（ m^3/h ）；

F——混凝土浇筑区的面积（ m^2 ）；

H——浇筑层厚度（ m ），取决于混凝土捣实方法，参考表9.3；

T——下层混凝土从开始浇筑到初凝所容许的时间间隔（ h ），一般等于混凝土初凝时间减去运输时间。

9.3.2大体积浇筑方案及计算



(2) 大体积混凝土浇筑施工方案

大体积混凝土结构的浇筑方案应根据整体性要求、结构大小、钢筋疏密、混凝土供应等具体情况，选用如下三种方式。

①全面分层 [图9.21 (a)] : 在第一层浇筑完毕回来浇筑第二层时，第一层浇筑的混凝土还未初凝，如此逐层进行，直至浇筑好。这种方案适用于结构的平面尺寸不太大，施工时从短边开始、沿长边进行较适宜。必要时亦可分为两段，从中间向两端或从两端向中间同时进行。

②斜面分层 [图9.21 (b)] : 适用于结构的长度超过厚度的3倍，振捣工作应从浇筑层的下端开始，逐渐上移，以保证混凝土施工质量。

9.3.2大体积浇筑方案及计算

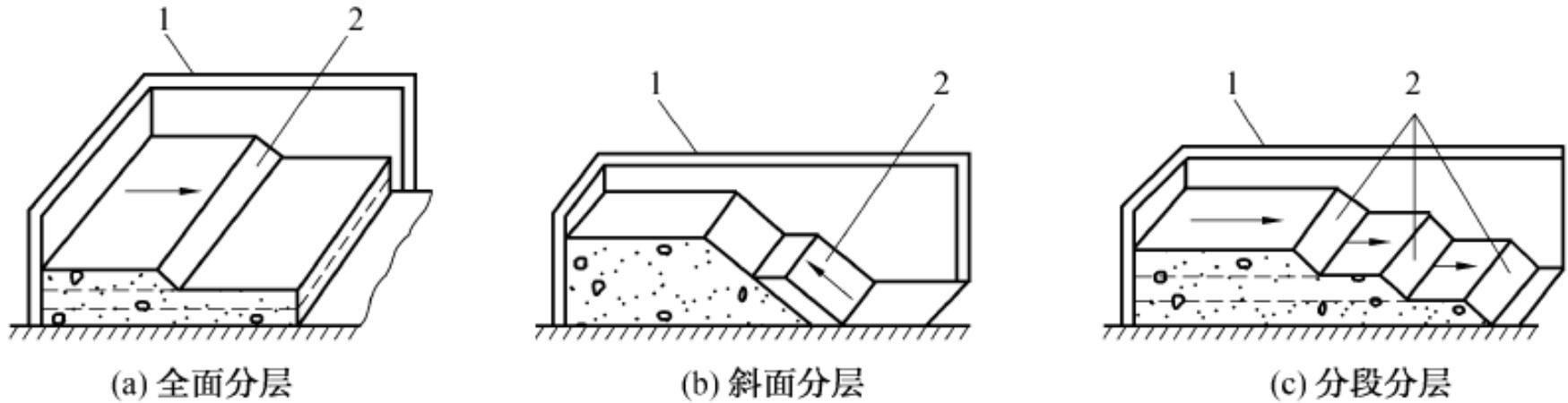


图 9.21 大体积混凝土浇筑方案

1—模板；2—新浇筑的混凝土

9.3.2大体积浇筑方案及计算



③分段分层 [图9.21 (c)] : 适用于厚度不太大而面积或长度较大的结构。混凝土从底层开始浇筑, 进行一定距离后回来浇筑第二层, 如此依次向前浇筑以上各分层。

分层的厚度决定于振动器的棒长和振动力的大小, 也要考虑混凝土的供应量大小和可能浇筑量的多少, 一般为20 ~ 30 cm。

9.3.3大体积混凝土养护方案及温控方案



1. 大体积混凝土养护方案

(1) 大体积混凝土应进行保温保湿养护

在每次混凝土浇筑完毕后，除应按普通混凝土进行常规养护外，尚应及时按温控技术措施的要求进行保温养护，并应符合下列规定：

- ①应专人负责保温养护工作，并应按规范的有关规定操作，同时应做好测试记录；
- ②保湿养护的持续时间不得少于14天，应经常检查塑料薄膜或养护剂涂层的完整情况，保持混凝土表面湿润。
- ③保温覆盖层的拆除应分层逐步进行，当混凝土的表面温度与环境最大温差小于 20°C 时，可全部拆除。

9.3.3大体积混凝土养护方案及温控方案



(2) 在混凝土浇筑完毕初凝前，宜立即进行喷雾养护工作

(3) 塑料薄膜、麻袋、阻燃保温被等，可作为保温材料覆盖混凝土和模板，必要时，可搭设挡风保温棚或遮阳降温棚

在保温养护过程中，应对混凝土浇筑体的里表温差和降温速率进行现场监测，当实测结果不满足温控指标的要求时，应及时调整保温养护措施。

(4) 高层建筑转换层的大体积混凝土施工，应加强进行养护，其侧模、底模的保温构造应在支模设计时确定

(5) 大体积混凝土拆模后，地下结构应及时回填土；地上结构应尽早进行装饰，不宜长期暴露在自然环境中

9.3.3大体积混凝土养护方案及温控方案



(6) 特殊气候条件下的施工

- ①大体积混凝土施工遇炎热、冬期、大风或者雨雪天气时，必须采用保证混凝土浇筑质量的技术措施。
- ②炎热天气浇筑混凝土时，宜采用遮盖、洒水、拌冰屑等降低混凝土原材料温度的措施，混凝土入模温度宜控制在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。混凝土浇筑后，应及时进行保湿保温养护；条件许可时，应避开高温时段浇筑混凝土。
- ③冬期浇筑混凝土，宜采用热水拌和、加热骨料等提高混凝土原材料温度的措施，混凝土入模温度不宜低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。混凝土浇筑后，应及时进行保湿保温养护。
- ④大风天气浇筑混凝土，在作业面应采取挡风措施，并增加混凝土表面的抹压次数，应及时覆盖塑料薄膜和保温材料。

9.3.3大体积混凝土养护方案及温控方案



2. 大体积混凝土温控方案

大体积混凝土的养护，不仅要满足强度增长的需要，还应通过人工的温度控制，防止因温度变形引起结构物的开裂。

(1) 控制浇筑层厚度和进度，以利散热。

(2) 控制浇筑温度。如部分拌和用水以碎冰形式加进混凝土拌和物中，使现场新拌混凝土的温度被限制在 6°C 左右。但是，为了混凝土的均匀性，在搅拌终了以前，应使混凝土拌和物中所有的冰全部融化。因此，小冰片或挤压成饼状的冰片比碎冰块更加适合。

(3) 预埋冷却水管。用循环水降低混凝土温度，进行人工导热。循环水是通过薄壁钢管系统泵入的，以井水为最好。

(4) 表面绝热。表面绝热的目的，不是限制温度上升，而是调节温度下降的速率，使混凝土由于表面与内部之间的温度梯度引起的应力差得以减小。

9.3.3大体积混凝土养护方案及温控方案



因为，在混凝土已经硬化且获得相当的弹性后，环境温度降低与内部温度提高，两者共同作用，会增加温度梯度与应力差。尤其在冷天，必须减慢表面的热量损失，因此，常用绝热材料覆盖。

在混凝土养护阶段的温度控制应遵循以下几点。

（1）混凝土的中心温度与表面温度之间的差值，以及混凝土表面温度与室外最低气温之间的差值，均应小于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，经过计算确认结构物混凝土具有足够的抗裂能力时，允许不大于 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

（2）混凝土的拆模时间应考虑气温环境等情况，必须有利于强度的正常增长，即拆模时混凝土的温差不超过 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

除了上述采用降温法和保温法控制混凝土温度外，还可以采用蓄水法和水浴法。

9.4

其他混凝土



9.4.1 高耐久性混凝土



混凝土的耐久性是指混凝土材料潜在的抵抗其自身因素和环境因素长期破坏作用的能力。混凝土的耐久性主要体现在抗渗性、抗冻性、耐化学腐蚀性、抗碳化性、碱-集料反应(alkali aggregate reactivity)和耐磨性等方面。

(1) 混凝土的抗渗性

混凝土的渗透性与混凝土的耐久性密切相关。由于混凝土的拌和水一般大于混凝土中水泥完全水化所需的水（约为水泥质量的20%），多余的水在硬化过程中逐渐形成孔隙，包括毛细孔和凝胶孔。而毛细孔是水迁移的通道，迁移的水可能含有侵蚀性化合物，因此，混凝土中迁移的水是混凝土诸多破坏因素的载体。降低混凝土的渗透性对提高耐久性有重要的意义。

9.4.1 高耐久性混凝土



(2) 混凝土的抗冻融耐久性

含水的多孔材料在重复冻融循环作用下易于损坏。高孔隙率的水泥浆对这种情况特别敏感，以致混凝土在北方气候下经过一个冬季就可能破坏。

影响混凝土抗冻性的主要内在因素有如下几方面。

①混凝土的水灰比。混凝土的水灰比越大，其毛细管越多，吸水率越大，其在冻融过程中产生的膨胀压力和渗透压力也越大，其抗冻性也越差。因此，许多规范对有抗冻要求地区的混凝土最大水灰比作了规定。

②混凝土的外加剂。由混凝土冻融破坏机理可知，混凝土掺用引气剂，其所产生的无数微小和互不连续的气泡具有缓解冻融工程中产生膨胀压力和渗透压力的作用。掺用引气剂并使含气量达到一定要求下可使混凝土抗冻性提高8~10倍，但由于混凝土含气量每增加1%，抗压强度约下降3%~5%，一般要进行试验，按抗冻要求确定含气量。

9.4.1 高耐久性混凝土



③掺和料对混凝土抗冻性的影响。为了配制绿色高性能混凝土，许多工程采用了诸如粉煤灰、硅粉、磨细矿渣粉等掺和料，有利于提高混凝土抗冻性。

(3) 混凝土的体积稳定性

混凝土的体积稳定性系指混凝土硬化过程中在非荷载作用下保持其初始几何尺度的能力。

混凝土的体积稳定性涉及材料的收缩、线膨胀和徐变等多方面因素，而这些因素之间又互相矛盾、互相制约。因此提高混凝土体积稳定性，必须从原材料选择到配合比设计进行统筹优化。

9.4.2 高强高性能混凝土



1 高强混凝土

(
关
义
C6
(
高



crete), 目前各国还没有一个确切的定义, 高强混凝土应被认为是强度等级不低于

强混凝土、正常工作性的高强混凝土、工
强混凝土以及低水灰比高强混凝土。



高
高

9.4.2 高强高性能混凝土



(3) 配制高强混凝土的措施

欲提高混凝土的强度或者要达到配制高强混凝土的目的，应采取如下措施。

- ①在胶凝材料方面，要改善矿物组成，增加细度，使用快硬高强水泥或其他特种水泥。
- ②在骨料方面，要使用坚硬、致密的岩石与质量良好的砂。
- ③在外加剂方面，要掺用早强剂、减水剂或高效减水剂。
- ④在配合比方面，要采用低水灰比、低砂率的干硬性混凝土。
- ⑤在成型时，要采用强制式搅拌机搅拌，要采用高频加压振捣、真空作业、离心、喷射等工艺，以提高混凝土的密实度。

9.4.2 高强高性能混凝土



2. 高性能混凝土

(1) 高性能混凝土的定义

一般认为，高性能混凝土（high performance concrete,简称HPC）是指具有高强度、高工作性、高耐久性的混凝土，这种混凝土的拌和物具有大流动性和可泵性，不离析，而且保塑时间可根据工程需要来调整，便于浇筑密实。这种混凝土在凝结硬化过程中，水化热低，内部缺陷小；硬化后，体积稳定，收缩变形小，结构密实，抗渗、抗冻、抗碳化等耐久性能高。

(2) 高性能混凝土的配合比设计

迄今为止，世界上尚没有适合高性能混凝土配合比设计的统一方法，各国的研究人员也都是在各自的试验基础上，粗略地计算具体的配合比，然后通过试配，确定最终配合比。

9.4.2 高强高性能混凝土



高性能混凝土配合比设计的任务，就是要根据原材料的技术性能、工程要求及施工条件，合理地选择原材料，确定能满足工程技术经济指标的各项组成材料的用量。具体说，高性能混凝土配合比设计要满足混凝土高耐久性、高强度、高工作性。

（3）高性能混凝土施工工艺要求

搅拌：搅拌的目的是使混凝土的各组成材料互相分散而达到均匀混合。由于高性能混凝土拌和物的黏性大，搅拌机的形式与搅拌工艺对混凝土拌和物的流变性能、微观结构及均质性等均有很大的影响，因此为了获得高工作性的混凝土拌和物，宜选用搅拌效率高、均质性好的双锥式搅拌机，也可使用强制式搅拌机。

9.4.2 高强高性能混凝土



浇筑：高性能混凝土的坍落度一般都在20 cm以上，也有人认为高性能混凝土就是免振自密实混凝土。但是，试验结果表明，不经振捣的高性能混凝土，强度和抗渗等级均有所降低。由此可见，短时间的振捣是必要的。日本和瑞典的资料也提出，振捣对高性能混凝土是必要的。

养护：由于高性能混凝土的用水量较少，水化反应迅速，可使毛细管中断，即重新开始养护时，水分将不能进入混凝土内部，不会引起进一步水化，所以，高性能混凝土在早期即应养护。

9.4.3 自密实混凝土



自密实混凝土 (self compacting concrete, 简称为 SCC) 又称自流平混凝土、免振捣混凝土, 是一种在浇筑时不需要振捣, 仅通过自重就能充满配筋密集的模板并且保持良好均质性的混凝土。SCC 被认为是几十年来结构工程最具有革命性的进步, 其工作性较同水灰比的振动密实混凝土明显提高。自密实混凝土技术可以达到如下技术效果: 易于浇筑, 施工快速, 减少现场人力, 提高劳动生产率, 降低工程费用; 可以改善混凝土工程的施工环境, 减少噪声对环境的污染; 设计灵活, 减小混凝土断面, 达到更好的表面装饰效果, 满足特殊施工需要, 如钢筋密集、截面复杂而间隙过于狭窄等情况。

9.4.3 自密实混凝土



9.4.3 自密实混凝土



自密实混凝土配合比应首先满足结构物的结构条件、施工条件以及环境条件对混凝土自密实性能的要求，并综合考虑强度、耐久性和其他必要性能，提出实验配合比。宜采用增加粉体材料用量和选用优质高效减水剂或高性能减水剂的措施，改善浆体的黏性和流动性，对于某些低强度等级的自密实混凝土，仅靠增加粉体量不能满足浆体黏性时，可通过试验确认后适当添加增黏剂。自密实混凝土的配合比计算应采用绝对体积法。

9.4.4轻骨料混凝土



轻骨料混凝土是一种以密度较小的轻粗骨料、轻砂（或普通砂）、水泥和水配制成的混凝土。制成的轻骨料混凝土密度一般不超过 $1\ 900\text{ kg/m}^3$,强度可达 $50\sim 60\text{ MPa}$ 。

（1）轻骨料混凝土分类

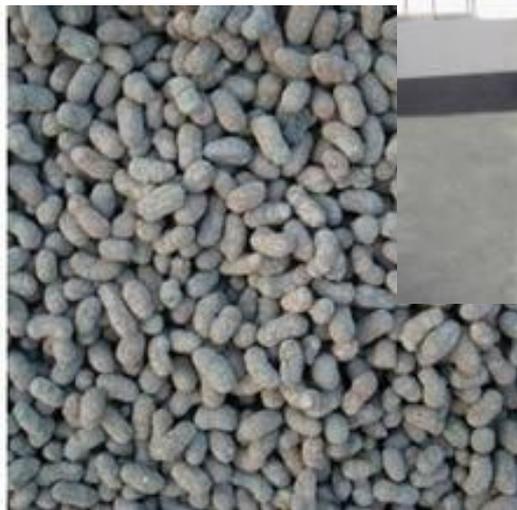
①按轻粗骨料的种类分类。

a.工业废料轻骨料混凝土：如粉煤灰陶粒混凝土、自然煤矸石混凝土、炉渣混凝土等。

b.天然轻骨料混凝土：如浮石混凝土、火山渣等。

c.人造轻骨料混凝土:如黏土陶粒混凝土、页岩陶粒混凝土、膨胀珍珠岩混凝土等。

9.4.4轻骨料混凝土



9.4.4轻骨料混凝土



②按细骨料的种类分类。

a.全轻骨料混凝土（简称全轻混凝土）：即粗细骨料全部是轻骨料。

b.砂轻骨料混凝土（简称砂轻混凝土）：即粗骨料为轻骨料，而细骨料为普通砂。

c.无砂轻骨料混凝土，只含轻粗骨料不含轻细骨料的轻骨料混凝土。

③按混凝土用途分类。

轻骨料混凝土按其用途可分为保温轻骨料混凝土、结构保温轻骨料混凝土和结构轻骨料混凝土。

9.4.4轻骨料混凝土



(2) 配合比设计

进行轻骨料混凝土配合比设计时，主要应该考虑以下四项原则：满足轻骨料混凝土的设计强度等级和表观密度等级；满足轻骨料混凝土拌和物施工要求的和易性；满足轻骨料混凝土在某些情况下应考虑的特殊性能；满足设计强度等级和特殊性能的前提下，尽量节约水泥，降低成本。

(3) 轻骨料混凝土的施工

轻骨料混凝土的施工工艺与普通混凝土相同，但是由于轻骨料的堆积密度小、呈多孔结构、吸水率大，其施工也有某些特点。

轻骨料应按照不同品种和粒径分别堆放，而且一般应当对轻骨料进行预湿。轻骨料的拌制宜采用强制式搅拌机。为了防止混凝土拌和物的离析，运输距离应尽量缩短，如出现严重离析，浇筑前宜采用人工二次拌和。混凝土的振捣必须比普通混凝土更加充分，应采用机械振捣成型。

9.4.5 纤维混凝土



1. 纤维混凝土的定义

纤维混凝土又称纤维增强混凝土，是以水泥净浆、砂浆或混凝土作基材，以非连续的短纤维或连续的长纤维作增强材料所组成的水泥基复合材料。在 1m^3 纤维混凝土体中，由于分散混合着几百万根（容积 $1\% \sim 2\%$ ）纤维，故增强效果遍及混凝土体的各个部分，使整体显现延性大的均质材料特征。

目前，常用的三种类型的纤维增强材料是钢纤维、玻璃纤维和聚丙烯类纤维。这些材料有一个共同特点：当其作为增强材料使用时，必须将其分散后方能使用。

9.4.5 纤维混凝土



9.4.5 纤维混凝土



2. 钢纤维混凝土施工

钢纤维混凝土在大面积混凝土工程上应用最为成功，其施工工艺如下。

(1) 搅拌工艺

① 搅拌设备。

可使用强制式混凝土搅拌机。在纤维掺量增多时，应适当减少一次拌和量。

② 纤维加入方法。

为使纤维能均匀分散于混凝土中，应通过摇筛或分散机加料。使用集束状钢纤维时，则不需使用上述附加设备。

③ 投料顺序。

目前，应用较好的混合投料顺序有以下三种。

a. 纤维以外的材料预先混合均匀，随后加入纤维搅拌。

b. 首先骨料和纤维混合，随后加入水泥和水搅拌。

9.4.5 纤维混凝土



c.首先砂和水泥混合搅拌0.5 min，随后加入石子和纤维混合搅拌2 min，接着加入水和活性剂进行搅拌，最后排料。

(2) 浇筑与成型工艺

钢纤维混凝土的浇筑、密实成型和纤维处理等工艺措施，有别于传统的施工方法。

① 混凝土浇筑。

纤维混凝土成型所需要的能量比普通混凝土要大。搅拌后的纤维混凝土的流动性，即使掺有表面活性剂，也随着纤维掺量的增加而显著下降，这就增加了施工难度。其原因是纤维相互摩擦和相互缠绕，具有一定程度的刚性，形成空间网结构，抑制了内部水及水泥浆的流动度。因此，应采用喷射法成型，这样可以促进纤维在成型平面内定向排列，而用普通方法浇筑和成型时，纤维在混凝土三个平面内是无序排列的。

9.4.5 纤维混凝土



② 混凝土振捣成型。

钢纤维混凝土的成型，可使用普通的振动台或表面振动器，内部振动器则不太适用。选用前者可避免振捣时将纤维折断，也防止钢纤维起团。与普通混凝土相比，钢纤维混凝土的振动时间要适当延长。